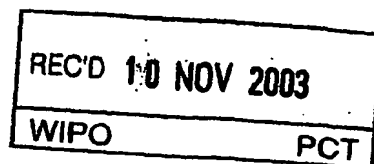




PCT/EP03/10353



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 04 SEP. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

BEST AVAILABLE COPY



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260895

REMISE DES PIÈCES DATE 25 SEPT 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0211837 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 25 SEP. 2002 PAR L'INPI		Réservé à l'INPI 1. NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE BREVALEX 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS	
Vos références pour ce dossier (facultatif) SP 20716 GB			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2. NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale		<input type="checkbox"/>	Date
		N°	Date
3. TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
DISPOSITIF ET PROCEDE DE DETERMINATION DE LA RESISTIVITE D'UNE FORMATION TRAVERSEE PAR UN PUITS TUBE			
4. DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5. DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		SERVICES PETROLIERS SCHLUMBERGER	
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	42, rue Saint Dominique	
	Code postal et ville	75007	PARIS
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2



REMISE DES PIÈCES DATE 29 SEPT 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0211837 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	
---	--

DB 540 W / 260399

Vos références pour ce dossier : (facultatif)		SP 20716 GB	
6 MANDATAIRE			
Nom		DU BOISBAUDRY	
Prénom		Dominique	
Cabinet ou Société		BREVALEX	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	3, rue du Docteur Lancereaux	
	Code postal et ville	75008	PARIS
N° de téléphone (facultatif)		01 53 83 94 00	
N° de télécopie (facultatif)		01 45 63 83 33	
Adresse électronique (facultatif)		brevets.patents@brevaalex.com	
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	
 D. DU BOISBAUDRY CPI 950304			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION DE LA RÉSISTIVITÉ D'UNE FORMATION TRAVERSÉE PAR UN PUIT TUBÉ

DESCRIPTION

5 DOMAINE TECHNIQUE

L'invention est relative à un dispositif et à un procédé de détermination de la résistivité d'une formation géologique traversée par un puits équipé d'un tubage électriquement conducteur.

10 On sait que la résistivité d'une formation géologique dépend essentiellement du fluide qu'elle contient. Pour décider de la mise en exploitation d'un puits pétrolier, il est courant de pratiquer des mesures de résistivité des formations traversées, ce
15 qui permet d'évaluer la saturation en fluide (essentiellement eau : salée ou non, hydrocarbures : pétrole, gaz, mélange d'un ou plusieurs de ces fluides). Une formation contenant de l'eau salée possède une résistivité beaucoup plus faible qu'une
20 formation chargée d'hydrocarbures.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

Ces mesures de résistivité des formations sont pratiquées au moyen de dispositifs pourvus
25 d'électrodes pour mesurer des courants ou des tensions.

Les diagraphies de résistivité ont été pratiquées depuis plusieurs décennies dans des puits non tubés (connus sous la dénomination anglo-saxonne de "open hole").

On commence à faire des mesures de résistivité dans des puits atteignant des réservoirs d'hydrocarbures en exploitation et ces puits sont tubés. Ces mesures permettent de localiser des interfaces eau-hydrocarbures et de suivre au cours du temps l'évolution de ces interfaces de manière à surveiller le comportement du réservoir d'hydrocarbures et d'en optimiser l'exploitation.

Ces mesures de résistivité dans des puits tubés ne sont pas aisées car la résistivité du tubage (de l'ordre de $2 \cdot 10^{-7} \Omega.m$ pour un tubage en acier) est très petite par rapport à celle de la formation (comprise entre environ 1 et $10^3 \Omega.m$) et le tubage est une barrière à l'envoi de courant dans la formation se trouvant autour du puits, au-delà du tubage.

Le principe de la mesure consiste à faire circuler un courant électrique le long du tubage dans des conditions telles qu'il se produise une fuite ou déperdition de courant vers la formation. Cette fuite est fonction de la résistivité de la formation, elle est d'autant plus grande que la formation est plus conductrice. On l'évalue en effectuant des mesures de chute de tension entre des électrodes placées à des niveaux différents dans le puits. Ces chutes de tension sont de l'ordre de quelques nanovolts.

Un tel principe de mesure est exposé dans un grand nombre de brevets, par exemple dans les demandes de brevet français FR-A1-2 793 031 [1] et FR-A1-2 793 032 [2] au nom de la demanderesse ou dans des articles comme par exemple l'article de la revue du printemps

2001, dont les références sont données sous [3] en fin de description

Le principe de mesure est rappelé succinctement ci-après. On se réfère à la figure 1, annexée à la présente demande, qui représente, dans une formation 9, une section d'un puits 10, d'axe XX', équipé d'un tubage métallique 11. Le niveau où l'on va réaliser la mesure est repéré b. On considère une section a-c de tubage 11 s'étendant de part et d'autre du niveau b. On fait circuler dans le tubage 11 un courant avec un retour éloigné du niveau b par exemple en surface. Il se produit une fuite de courant I_{for} dans la formation 9 et cette fuite de courant est équivalente, en terme de schéma électrique, au courant circulant dans une résistance shunt R_t placée entre le niveau b et l'infini. La valeur de cette résistance shunt R_t est représentative de la résistivité (appelée également R_t) de la formation au niveau b. Selon la loi d'Ohm on peut ainsi écrire :

$$R_t = K(V_{b,\infty} / I_{for})$$

K est une constante géométrique, connue sous le nom de facteur d'outil, qui peut être déterminée notamment par étalonnage, en se plaçant dans une zone imperméable de la formation 9 dont la résistivité est déjà connue du fait de mesures en puits ouvert faites avant la mise en exploitation du puits.

V_{b,∞} est le potentiel au niveau b référencé par rapport à un point à l'infini. On le mesure au moyen d'une électrode de mesure e_b placée au niveau b en contact électrique avec l'intérieur du tubage 11 et

d'une électrode de référence (non représentée) qui peut être placée en surface.

Ifor est le courant de fuite dans la formation 9 au niveau b, il peut être déterminé, par exemple, en utilisant la méthode décrite dans la demande de brevet FR-A1-2 793 031, [1].

Dans une première étape on injecte un courant alternatif basse fréquence au moyen d'une électrode d'injection de courant non représentée, contenue dans le tubage et mise en contact avec le tubage 11 en une position In1 ou In2, de manière à créer une fuite de courant vers la formation 9. Dans une deuxième étape dite de calibration on injecte un courant continu que l'on mesure entre deux points du tubage de façon à calculer la résistivité du tubage.

L'outillage peut comporter comme décrit dans [3] quatre électrodes de détection de tension, dont trois, ea, eb et ec sont représentées figure 1. Ces électrodes sont équidistantes, deux électrodes consécutives étant séparées l'une de l'autre de 60 cm. Trois des quatre électrodes sont utilisées pour chaque mesure. Le fait d'avoir un outillage à quatre électrodes de mesure plutôt que seulement les trois qui sont nécessaires à une mesure, permet d'effectuer deux mesures par position de l'outil, le principe de la mesure décrit ici n'en n'étant pas affecté.

La chute de tension entre les électrodes d'une paire d'électrodes choisie parmi les quatre électrodes de détection de tension résulte d'une combinaison des pertes dues aux fuites de courant dans la formation 9 et des pertes résistives le long du tube. Les deux premières étapes permettent de mesurer

la chute de tension résultant de la somme de ces pertes.

Dans la première étape, l'injection d'un courant dans le tubage 11 à un niveau In1 du tubage ou à un niveau In2 du tubage situé du côté opposé au premier point In1, par rapport au groupe des trois électrodes provoque une fuite de courant dans la formation, et on mesure, au moyen des électrodes ea, eb, ec, placées respectivement aux niveaux a, b, c, les chutes de potentiel respectives le long des sections de tubage a-b, b-c.

La deuxième étape appelée étape de calibration est destinée à déterminer les pertes résistives dues au tube :

Pour cette étape un courant est injecté à partir de la même position de l'électrode supérieure In1 d'injection de courant, mais, pour la calibration, on actionne l'électrode de détection de courant située environ 10 mètres plus bas au niveau In2 sur l'outil de mesure pour qu'elle soit en contact avec le tube. De ce fait au cours de cette étape le courant descend le long du tube vers l'électrode de détection de courant et les fuites de courant vers la formation 9 sont cette fois négligeables, puisque dans ce cas le circuit de courant est fermé sans passer par la formation 9. Les tensions sont relevées sur les mêmes électrodes de tension et aux mêmes positions que celles utilisées dans la première étape et l'on peut à partir des valeurs mesurées de tension et courant injectés déterminer la résistivité du tubage.

On détermine par calcul à l'aide des résultats de mesure le courant de fuite I_{for} dans la

formation 9 et on obtient ainsi à un coefficient de proportionnalité près la valeur de la résistivité de la formation.

Pour obtenir la tension V_0 du tubage, un
5 courant continu est envoyé dans le tubage par l'électrode supérieure d'injection de courant située au niveau In1. Le courant suit le même chemin qu'au cours de la première étape. On mesure la tension entre l'électrode inférieure d'injection de courant, qui du
10 fait qu'elle est déconnectée du tubage peut être utilisée comme électrode de tension et une électrode de référence située en surface aussi loin que possible de la tête du puit. La mesure est effectuée deux fois, l'une avec une polarité positive et l'autre avec une
15 polarité négative de façon à pouvoir éliminer des erreurs systématiques telles que des erreurs de polarisation ou des dérives. Comme la tension varie peu en fonction de la profondeur à laquelle se trouve l'électrode inférieure de courant, une mesure de
20 profondeur pour 10 positions est généralement suffisante.

La méthode connue ci dessus décrite permet de mesurer des différences de résistivité des formations allant de 1 à 100. Cela signifie qu'une résistivité
25 très forte sera plafonnée par la méthode de mesure à une valeur 100, sans que l'on puisse faire des différences entre les valeurs de résistivité de formation dont la résistivité mesurée se situe à cette valeur plafond. La résolution spatiale de la mesure est
30 ~~d'environ deux fois la valeur de l'espacement entre~~
électrodes consécutives de mesure de tension, par

exemple 1,2 m lorsque ces électrodes sont espacées de 60 cm.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention vise un dispositif et un procédé destiné à améliorer la dynamique de mesure de la résistivité des formations dans lesquelles se trouve un tubage.

Selon l'invention on utilise une sonde de mesure semblable à celles utilisées dans l'art antérieur mais modifiée par addition d'électrodes additionnelles comme expliqué ci-après. On rappelle que la sonde de l'art antérieur comporte des électrodes supérieure et inférieure d'injection de courant, et entre ces électrodes d'injection de courant un minimum de trois électrodes de mesure de tension. Par la suite le jeu d'électrodes de mesure de tension réalisé conformément à l'art antérieur sera appelé jeu d'électrodes primaires. Selon l'invention le jeu, par exemple de trois ou quatre électrodes primaires, comportant des électrodes extrêmes supérieure et inférieure et une ou plusieurs électrodes centrales, est complété par un jeu de deux électrodes additionnelles de mesure de tension appelées par la suite, secondaires, situées entre les électrodes d'injection de courant. Ces électrodes additionnelles sont, de plus, disposées dans la sonde de part et d'autre du jeu d'électrodes primaires. Les deux électrodes additionnelles de mesure de tension sont espacées chacune de l'électrode primaire extrême la plus proche d'une distance supérieure à l'espacement moyen entre électrodes primaires consécutives.

L'espacement entre une électrode secondaire et l'électrode primaire la plus proche sera par exemple supérieure à 1,5 fois l'espacement moyen entre électrodes primaires consécutives.

5 La méthode de mesure avec cette sonde modifiée comprend les mêmes étapes que celles décrites ci-dessus en relation avec l'art antérieur. Cette première phase de mesure sera appelée par la suite phase primaire. Selon l'invention la méthode de mesure
10 comprend une étape additionnelle dite mesure secondaire dans laquelle le courant de fuite Ifor dans la formation sera mesuré en utilisant au moins l'une des électrodes primaires et les deux électrodes secondaires. L'espacement plus grand entre électrodes
15 de mesure conduit pour la mesure secondaire à un courant de fuite Ifor dans la formation qui est plus important. On accroît ainsi la valeur du rapport signal sur bruit de la mesure de ce courant. Il en résulte une plus grande dynamique de mesure de la résistivité de la
20 formation. Par contre la résolution spatiale de la résistivité mesurée au cours de l'étape additionnelle est plus faible, justement à cause de la plus grande distance entre électrodes de mesures. Selon l'invention les étapes primaires et secondaires sont combinées.
25 Ainsi avec les résultats de la mesure primaire on obtient comme dans l'art antérieur une localisation des profondeurs de changement de valeur de résistivité de la formation traversée par le tubage, et avec les résultats de la mesure secondaire on obtient une
30 ~~dynamique améliorée de la valeur de ces changements.~~

Ainsi, la présente invention est relative à une sonde de mesure de la résistivité d'une formation

géologique entourant un puits équipé d'un tubage conducteur de l'électricité, comportant :

un corps de sonde ayant sensiblement une forme cylindrique, définissant une direction axiale de la sonde,

un jeu d'au moins trois électrodes primaires de mesure de tension, deux électrodes extrêmes supérieure et inférieure et au moins une électrode centrale, un espacement entre électrodes consécutives de ce jeu d'électrodes primaires dans la direction axiale du corps de sonde ayant une valeur moyenne d'espacement,

deux électrodes, une supérieure et une inférieure, d'injection de courant, disposées dans la direction axiale du corps de la sonde de mesure de part et d'autre du jeu d'électrodes primaires, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre,

deux électrodes secondaires de mesure de tension, situées dans la direction axiale de la sonde de part et d'autre du jeu d'électrodes primaires, et entre les deux électrodes d'injection, une première électrode secondaire étant située entre l'électrode supérieure d'injection de courant et l'électrode supérieure de mesure de tension, l'autre étant située entre l'électrode inférieure d'injection de courant et l'électrode extrême inférieure de mesure de tension, l'espacement entre une électrode secondaire et l'électrode primaire extrême la plus proche étant supérieure à 1,5 fois l'espacement moyen entre électrodes primaires.

Dans un exemple de réalisation, l'espacement entre les deux électrodes secondaires est de l'ordre de

six à sept fois l'espacement moyen entre électrodes consécutives primaires de mesure de tension.

Dans un mode préféré de réalisation les électrodes primaires et ou secondaires de mesure de tension sont constituées par des anneaux conducteurs
5 ayant un diamètre dont la valeur est sensiblement égale à de celui du corps de la sonde.

L'invention est également relative à un procédé de détermination d'un profil amélioré de variation le long d'une direction axiale de la
10 résistivité d'une formation géologique entourant un puits équipé d'un tubage ayant ladite direction axiale, procédé dans lequel on détermine une résistivité locale de la formation en injectant un courant dans le tubage
15 de manière à provoquer une fuite de courant dans une zone de mesure de la formation et en mesurant des valeurs de potentiel en de premières positions espacées entre positions consécutives d'une valeur moyenne, les premières positions comportant au moins une position
20 centrale comprise, dans la direction axiale, entre une position extrême supérieure et une position extrême inférieure et en calculant à partir des résultats de mesure une valeur locale du courant de fuite dans la formation pour en déduire une valeur de la résistivité
25 de ladite formation dans ladite zone de mesure puis à recommencer la mesure en déplaçant dans la direction axiale les premières positions de mesure de potentiel, pour en déduire un premier profil de la variation de la résistivité le long de la direction axiale, procédé
30 caractérisé en ce que

pour chaque mesure locale de potentiel effectuée dans les premières positions, on effectue en

outre simultanément une mesure de potentiel en deux
secondes positions situées de part et d'autre des
premières positions, une seconde position étant
éloignée de la première position extrême la plus proche
5 d'une distance supérieure à 1,5 fois la valeur moyenne
de l'espacement entre positions consécutives des
premières positions pour en déduire un second profil de
variation de la résistivité le long de la direction
axiale puis à corriger le premier profil en remplaçant
10 des valeurs de résistivité du premier profil pour des
premières positions axiales, par des valeurs de
résistivité du second profil, lorsque les valeurs de
résistivité du second profil, au niveau des mêmes
premières positions axiales sont supérieures au
15 premières valeurs, le profil corrigé constituant le
profil amélioré.

La détermination du courant de fuite dans la
zone de mesure et la détermination du courant de fuite
dans la formation sont réalisées à l'aide d'une sonde
20 munie d'électrodes primaires et secondaires de mesure
comme expliqué plus haut, cette sonde étant déplacée
par pas dans le tubage pour se placer aux niveaux des
zones successives de mesure.

L'injection de courant dans le tubage peut
25 être réalisée à l'aide de la sonde qui est équipée d'au
moins un injecteur de courant.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à
la lecture de la description d'exemples de réalisation
30 donnés, à titre purement indicatif et nullement

limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1, déjà décrite, rappelle le principe de mesure de résistivité dans un puits tubé ;

5 la figure 2 montre schématiquement un dispositif selon l'art antérieur pour mesure de la résistivité des formations ;

la figure 3 est un exemple de réalisation d'un dispositif selon l'invention comportant les
10 électrodes secondaires selon l'invention, pour la mesure de la résistivité des formations ;

les figures 4A et 4B représentent des schémas de disposition d'électrodes de mesure de tension, pour des jeux à trois et quatre électrodes primaires
15 respectivement ;

les figures 5A et 5B montrent respectivement des exemples de courbes de résistivité calculées avec les résultats de mesure selon la méthode dite primaire et la méthode dite secondaire de mesure de la
20 résistivité, ainsi qu'une synthèse.

Sur ces figures, les éléments identiques sont désignés par les mêmes caractères de référence.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

25 On se réfère maintenant à la figure 2 qui montre un exemple de dispositif pour la mise en œuvre du procédé de mesure de la résistivité selon l'art antérieur en position dans un puits tubé 10. Le dispositif peut être comparable à celui décrit dans la

30 demande de brevet français FR-A1-2 793 031 [1] précédemment cité.

Le dispositif représenté comporte une sonde 12 adaptée à être déplacée dans le puits 10 réalisé dans une formation géologique 9 et équipé d'un tubage 11 électriquement conducteur.

5 Le tubage 11 peut être formé comme représenté figure 2 de plusieurs tronçons de tube généralement en acier. Seuls deux tronçons de tube ont été référencés pour ne pas surcharger les figures, l'un est dit supérieur 11.s et l'autre est dit inférieur 11.i. Ces
10 tronçons de tube n'ont pas tous le même diamètre et lorsqu'ils sont en place, ils sont coaxiaux. Ces tronçons de tube sont descendus dans le puits 10, à la suite les uns des autres, du plus fin au plus large en aménageant entre deux tronçons de tube 11.s, 11.i
15 successifs une partie de recouvrement 1. Il existe un espace 2 entre le diamètre extérieur du tronçon de tube inférieur 11.i et le diamètre intérieur du tronçon de tube supérieur 11.s. Du ciment 3 est logé entre l'extérieur des tronçons de tube du tubage et la
20 formation dans laquelle est creusé le puits 10, ainsi que dans l'espace 2.

La sonde 12 est reliée par un câble électrique 13 à un équipement 14 placé en surface. Cet équipement 14 peut comprendre des moyens 15
25 d'acquisition et de traitement de données fournies par la sonde 12 et des moyens d'alimentation électrique 16. Il comprend aussi des moyens non représentés de commande du déploiement repliement de bras des électrodes ea, eb, ec, et éventuellement In₁ et In₂.

30 La sonde 12 comporte un corps 12.1 et un groupe d'au moins trois électrodes ea, eb, ec de mesure qui peuvent venir en contact avec le tubage 11 en

délimitant des sections de tubage a-b, b-c. La longueur de ces sections est comprise par exemple entre 40 et 80 centimètres. Les électrodes ea, eb, ec peuvent être montées à l'extrémité de bras articulés 17 qui les
5 reliaient au corps 12.1. Ces bras 17 peuvent être dépliés pour venir appliquer les électrodes ea, eb, ec contre le tubage 11 lorsque l'on veut effectuer des mesures et repliés lorsque les mesures sont terminées. Ces bras 17 permettent, lorsqu'ils sont dépliés, de réaliser un bon
10 contact électrique entre l'électrode qu'ils portent et le tubage 11, et lorsqu'ils sont repliés, de déplacer la sonde 12 sans frottement dans le tubage 11. La sonde 12 comporte également deux injecteurs de courant In1, In2 placés de part et d'autre du groupe d'électrodes
15 de mesure ea, eb, ec.

Des raccords isolants 18 sont placés de part et d'autre autour du corps 12.1 de la sonde 12 entre les injecteurs de courant In1, In2 et les électrodes de mesure ea, eb, ec pour isoler électriquement les
20 électrodes de mesure ea, eb, ec des injecteurs de courant In1, In2. L'espacement entre un injecteur de courant In1, In2 et l'électrode de mesure ea, ec qui lui est la plus proche peut être du même ordre de grandeur que l'espace entre deux électrodes de mesure
25 successives.

Les injecteurs de courant In1, In2 peuvent être réalisées comme décrit dans la demande de brevet FR-A1-2 739 031 [01]. Ils peuvent être placés sur des bras articulés.

30 ~~Le dispositif~~ comporte également une électrode de retour de courant In3, éloignée des injecteurs de courant In1, In2. Elle peut se trouver en

surface au niveau de la tête du puits 10 tubé, si le puits est suffisamment profond, ou bien être toujours en surface mais éloignée de la tête du puits tubé. Les injecteurs de courant In1, In2 et l'électrode de retour de courant In3 sont alimentés en courant, ils sont reliés à des moyens d'alimentation électriques qui comprennent la source d'alimentation électrique 16 précitée en surface et selon le cas une source supplémentaire (non représentée) située dans la sonde 12 ainsi que des circuits de commutation appropriés pour passer de l'une à l'autre.

Sur la figure 2, la sonde 12 est dans une position qui permet de déterminer la résistivité de la formation se trouvant dans une zone de mesure 8 au niveau du groupe d'électrodes de mesure ea, eb, ec. Ces électrodes de mesure ea, eb, ec sont en contact avec le tronçon de tube inférieur 11.i.

Dans cette position de la sonde 12, par exemple par le procédé décrit ci dessus ou dans la demande de brevet FR-A1-2 793 031 [01], on détermine, par circulation de courant à l'aide d'au moins un injecteur In1, In2 dans le tubage 11 et mesure de potentiels à l'aide des électrodes de mesure, le courant de fuite Ifor dans la formation 9 dans la zone de mesure 8. Ce courant de fuite Ifor est représentatif de la résistivité de la formation dans la zone de mesure. Il reste comme expliqué plus haut, pour obtenir la résistivité mesurée R_m de la formation dans la zone de mesure 8, à déterminer le potentiel du tubage 11 dans la zone de mesure par rapport à une référence à l'infini. Cela peut se faire comme décrit plus haut ou dans la demande de brevet FR-A1-2 793 031 [01] à l'aide

de l'électrode eb et d'une électrode de référence (non représentée) placée par exemple en surface à distance de l'électrode de retour de courant In3 ou dans le puits.

5 Les mesures sont recommencées de la même manière à différents niveaux dans le puits en déplaçant la sonde par pas, le pas étant de l'ordre de deux fois la distance entre électrodes consécutives de mesure de tension.

10 La figure 3 montre un exemple de réalisation d'une sonde 22 selon l'invention.

La sonde 22 comporte un jeu de trois électrodes primaires de mesure de tension ea, eb et ec disposées avec un espacement vertical entre électrodes
15 consécutives compris comme dans l'art antérieur sensiblement entre 40 et 80 cm. La résolution verticale d'une mesure effectuée avec ces électrodes primaires est approximativement égale à la distance entre les électrodes extrêmes de mesure de tension ea, et ec.
20 Dans l'exemple représenté les espacements verticaux entre électrodes consécutives sont égaux entre eux.

Cet agencement à trois électrodes ea, eb et ec n'autorise qu'une mesure à la fois. Naturellement un agencement comportant davantage d'électrodes primaires,
25 par exemple 4, comme décrit dans l'article de référence [3] et permettant deux mesures simultanées est compatible avec l'invention.

Conformément à l'invention la sonde 22 comporte outre le jeu d'électrodes primaires de mesure
30 ~~de tension ea, eb et ec, une électrode secondaire~~
supérieure 24, et une électrode secondaire inférieure 26 de mesure de tension. Ces électrodes 24, 26 sont

situées verticalement de part et d'autre du jeu d'électrodes primaires ea, eb et ec. Dans l'exemple représenté, les espacements entre l'électrode primaire centrale eb et chacune des électrodes secondaires 24, 26 sont égaux entre eux. Cette égalité n'est pas obligatoire. Il résulte de cette disposition que l'espacement entre une électrode primaire centrale et l'une des électrodes secondaires est plus grand que l'espacement entre électrodes primaires. Dans l'exemple représenté à trois électrodes primaires, l'électrode centrale est de façon évidente, l'électrode unique eb qui se trouve entre les deux électrodes primaires extrêmes ea, ec. Dans un jeu d'électrodes primaires à plus de trois électrodes, une électrode primaire centrale est n'importe laquelle des électrodes primaires qui se trouvent entre les deux électrodes extrêmes du jeu.

Il a été représenté, figures 4A et 4B, des configurations schématiques d'électrodes secondaires (24,26) et d'électrodes primaires ea, eb, ec et ed. Sur la figure 4A, il s'agit d'un montage à trois électrodes primaires ea, eb, ec. Dans ce cas, l'électrode centrale est eb et les électrodes secondaires sont 24, 26. La résolution verticale que l'on peut obtenir avec le jeu d'électrodes représentées figure 4A est sensiblement égale à l'espacement entre les électrodes extrêmes c'est-à-dire les électrodes ea et ec. Dans les exemples représentés, les espacements entre électrodes consécutives primaires sont égaux entre eux, et typiquement égaux à une distance comprise entre 40 et 80 cm, typiquement 60 cm. Il en résulte que la résolution spatiale que l'on peut obtenir est comprise

entre 80 et 160 cm. L'espacement entre l'électrode centrale eb et l'électrode supérieure 24, est de façon évidente plus grand que l'espacement entre l'électrode eb et l'électrode ea. Dans l'exemple de réalisation, 5 ici décrit, l'espacement entre l'électrode centrale eb et l'électrode supérieure 24 est égal à trois fois l'espacement entre l'électrode centrale eb et l'électrode supérieure extrême ea.

Ainsi, si l'espacement entre l'électrode 10 centrale eb et l'électrode extrême supérieure ea est de 60 cm, l'espacement entre l'électrode centrale eb et l'électrode 24 sera de 180 cm. L'électrode 26 est, dans cet exemple de réalisation, disposée symétriquement à l'électrode 24 par rapport à l'électrode centrale eb. 15 Il en résulte que l'espacement entre les électrodes secondaires 24, 26 est de 360 cm, et que la résolution spatiale faite avec ces électrodes secondaires 24, 26 est également de 360 cm. Avec la même disposition lorsque l'espacement entre électrodes consécutives 20 primaires varie de 40 à 80 cm, l'espacement entre électrodes secondaires varie entre 240 et 480 cm. Il en va de même pour la résolution verticale que l'on peut obtenir avec ces électrodes secondaires. La gamme dynamique que l'on peut obtenir avec les électrodes 25 primaires est typiquement comprise entre 1 et 100 ohm.m et celle que l'on peut obtenir avec les électrodes secondaires est typiquement entre 1 et 300 ohm.m.

Le montage représenté figure 4B est un montage à quatre électrodes. Il y a une électrode ed
~~30 supplémentaire comprise entre les électrodes primaires~~
eb et ec. Dans ce cas, la mesure avec les électrodes

secondaires sera effectuée avec l'une ou avec les deux électrodes centrales eb et ec.

Si les espacements entre électrodes primaires sont égaux entre eux et comprise entre 40 et 80 cm, alors l'espacement entre électrodes extrêmes est compris entre 120 et 240 cm, l'espacement entre électrodes secondaires 24, 26 sera d'environ sept fois l'espacement entre électrodes primaires consécutives et donc sera compris entre 280 et 560 cm. En résumé, les espacements entre électrodes secondaires seront typiquement compris entre 240 et 560 cm.

Dans les exemples commentés ci-dessus on a supposé implicitement que la distance entre une électrode extrême et la distance de l'électrode secondaire la plus proche était de deux fois l'espacement entre électrodes primaires consécutives. Cet espacement entre électrodes primaires extrêmes et l'électrode secondaire la plus proche peut aller jusqu'à 1,5 fois l'espacement entre électrodes primaires consécutives. Ainsi, pour un espacement entre électrodes primaires de 60 cm, l'espacement entre électrodes secondaires pourra raisonnablement se situer entre 300 et 420 cm. L'espacement de 300 correspondant au cas où l'électrode secondaire est éloignée de l'électrode primaire la plus proche de 1,5 fois l'espacement entre électrodes primaires, et la distance de 420 cm correspond au cas où cet espacement entre électrodes extrêmes et l'électrode secondaire la plus proche est égal à deux fois l'espacement entre électrodes primaires, le jeu d'électrodes primaires ayant quatre électrodes.

Lorsque les espacements entre électrodes primaires ne sont pas égaux entre eux, on pourra reprendre les valeurs données ci-dessus pour l'espacement entre électrodes secondaires en introduisant la distance moyenne entre l'électrode primaire consécutive.

Dans le mode de réalisation représentée sur la figure 3, les électrodes de mesure de potentiel ea, eb, ec ne sont pas des électrodes déployables. Ces électrodes sont constituées par des anneaux conducteurs implantés de façon à être électriquement isolés du reste du corps de la sonde. Les anneaux ont sensiblement le même diamètre que le diamètre du corps de la sonde. Le remplacement des électrodes déployables, représenté par exemple figure 2 ou dans l'article de référence 3, par ces anneaux, part de l'idée que dans une zone située dans le puits et au voisinage immédiat, les surfaces équipotentielles sont constituées par des plans perpendiculaires à l'axe des tubages. Il en résulte qu'il n'est pas nécessaire que les électrodes de mesure de potentiel soient au contact du tubage 11.

Compte tenu de cette modification, qui peut aussi être appliquée aux sondes de l'art antérieur comme représenté figure 3B, l'encombrement de la sonde peut être diminué. Cet encombrement est notamment diminué par le fait que les moyens de déploiement des électrodes de mesure de potentiel, ne sont plus présents. De ce fait, on peut compacter la sonde, en sorte que malgré les électrodes secondaires supplémentaires, la sonde garde une longueur longitudinale à peine plus grande qu'une sonde selon

l'art antérieur avec électrodes de mesure de tension déployées.

L'emploi de la sonde améliorée et comportant un jeu d'électrodes secondaires peut être le même que celui décrit ci-dessus dans le paragraphe description de l'invention. On déplace la sonde par pas correspondant sensiblement à deux fois l'espacement entre électrodes consécutives. A chaque station on effectue, après avoir injecté un courant, une mesure de potentiel à l'aide des électrodes primaires et secondaires. A l'aide des résultats de mesure obtenus à partir des électrodes primaires, on peut tracer le profil de variation de la résistivité de la formation qui est représenté figure 6A. La courbe a de la figure 6A représente en ordonnée des valeurs en ohm.m de la résistivité de la formation, et en abscisse des profondeurs en pied de la mesure. Les différentes profondeurs de mesure sont indiquées par des petits carrés. Les graduations en abscisse vont de vingt en vingt pieds à partir de mille, et il y a en moyenne cinq points de mesure par vingt pieds. Ceci indique que la résolution spatiale est d'environ quatre pieds et donc que l'espacement entre électrodes consécutives est de deux pieds soit 60 cm environ. On voit que la courbe a comporte cinq zones référencées a1 à a5 pour lesquelles la valeur de résistivité de la formation est de 100. On ne peut pas savoir, à ce stade, si cette valeur est une valeur qui provient de la limitation des moyens de mesure ou au contraire la valeur réelle de la résistivité de la formation. La courbe de la figure 6B représente le même profil de résistivité mais obtenu cette fois avec une électrode primaire centrale et les

deux électrodes secondaires 24, 26. On voit, que sur cette courbe les pointes a1, a4 et a5, représentées sur la figure 5A ne sont plus apparentes. Cela tient au manque de résolution verticale obtenue avec les électrodes secondaires. Par contre, les espaces a2 et a3 plafonnés à 100 ohms sur la figure 5A figurent cette fois pour une valeur correspondant environ à 200 ohms aux points a2 et a3. Ainsi, le profil obtenu sur la figure 5A à l'aide des électrodes primaires peut être amélioré par addition des bosses a2 et a3 prises de la figure 5B et obtenu avec les électrodes secondaires. Le profil amélioré est ainsi constitué pour partie de la courbe a telle qu'obtenue avec les électrodes primaires et pour partie de la courbe b obtenue avec les électrodes secondaires. Les parties de courbes b se substituent aux parties de courbe a aux endroits par exemple a2, a3 où la valeur obtenue avec les courbes primaires est plafonnée à 100.

L'emploi de la sonde améliorée peut aussi être fait de façon différente. Du fait que la sonde améliorée ne comporte pas de contacts déployés frottant contre le tubage, lors des déplacements de la sonde, les bruits de mesure résultant de ce frottement ne sont pas présents lors des déplacements de la sonde améliorée. En conséquence, la détermination de la résistivité peut aussi être effectuée en continu. Dans le procédé de mesure en continu, la sonde est déplacée, par exemple à vitesse constante, dans la direction axiale du tubage, et la mesure est effectuée de façon ~~itérative en continu. Le profil de la résistivité est~~ ainsi obtenu en continu et non plus par pas comme dans le cas précédent où la sonde était déplacée par pas.

Lorsqu'il est parlé de profil continu, le mot continu ne doit pas être compris au sens mathématique du terme, selon laquelle l'intervalle spatial entre deux mesures peut être rendu aussi petit que l'on veut. Le processus
 5 de mesure étant itératif, cela signifie qu'une détermination de la résistivité est faite à des intervalles de temps espacés entre eux de la durée nécessaire à l'exécution d'une mesure et d'un calcul corrélatif à cette mesure. D'un point de vue spatial
 10 cela revient à effectuer des mesures espacées entre elles de la distance parcourue par la sonde pendant ladite durée nécessaire à l'exécution d'une mesure et d'un calcul. On voit ainsi, qu'en choisissant une vitesse de déplacement petite, on peut obtenir un
 15 profil quasi continu.

Dans ce mode de réalisation l'invention est relative à un procédé itératif continu de détermination d'un profil continu amélioré de variation le long d'une direction axiale de la résistivité d'une formation
 20 géologique 9 entourant un puits 10 équipé d'un tubage 11 conducteur ayant ladite direction axiale, procédé dans lequel on détermine une résistivité locale de la formation 9 en injectant en continu un courant dans le tubage 11 de manière à provoquer une fuite de courant
 25 dans une zone instantanée de mesure de la formation 9 et en mesurant des valeurs de potentiel en de premières positions instantanées (ea, eb, ec) espacées entre elles d'une valeur moyenne, les premières positions instantanées comportant au moins une position centrale
 30 (eb) comprise dans la direction axiale entre une position instantanée extrême supérieure (ea) et une position instantanée extrême inférieure (eb) et en

calculant à partir des résultats de mesure une valeur locale du courant de fuite dans la formation 9 pour en déduire une valeur de la résistivité de ladite formation dans ladite zone instantanée de mesure puis à recommencer de façon itérative la mesure en déplaçant de façon continue dans la direction axiale les premières positions de mesure de potentiel, pour en déduire un premier profil continu de la variation de la résistivité le long de la direction axiale.

Pour chaque mesure locale de potentiel effectuée dans les premières positions instantanées, on effectue en outre simultanément, une mesure de potentiel en deux secondes positions instantanées situées de part et d'autre des premières positions, une seconde position instantanée étant éloignée de la première position extrême instantanée la plus proche d'une distance supérieure à 1,5 fois la valeur moyenne de l'espacement entre positions consécutives des premières positions instantanées, pour en déduire un second profil de variation de la résistivité le long de la direction axiale puis à corriger le premier profil continu en remplaçant des valeurs de résistivité du premier profil pour des premières positions axiales instantanées, par des valeurs de résistivité du second profil, lorsque les valeurs de résistivité du second profil, au niveau des mêmes premières positions axiales instantanées sont supérieures aux premières valeurs, le profil ainsi corrigé constituant le profil continu amélioré.

Ainsi dans ce mode de réalisation du procédé de l'invention, les premières et secondes positions sont déplacées de façon continue dans la direction

axiale, la détermination de la résistivité étant effectuée de façon itérative continue au cours du déplacement des premières et secondes positions, de façon à obtenir un profil amélioré continu de la

5 résistivité dans la direction axiale.

Liste des documents cités

- [1] Brevet FR-A1-2 793 031
- [2] Brevet FR-A1-2 793 032
- 5 [3] Article de Dominique BENIMELI, et al paru
en pages 2-25 de la revue "oilfiel Review" printemps
2001 Volume 13, Numéro 1, dont les articles sont
disponibles à l'adresse cedpm.houston@cexp.com

REVENDECATIONS

1. Sonde (22) de mesure de la résistivité d'une formation géologique (9) entourant un puits (10) équipé d'un tubage (11) conducteur de l'électricité, comportant :

un corps (23) de sonde (22) ayant sensiblement une forme cylindrique, définissant une direction axiale de la sonde,

un jeu d'au moins trois électrodes primaires (ea, eb, ec) de mesure de tension, deux électrodes extrêmes (ea, ec) supérieure (ea) et inférieure (ec) et au moins une électrode centrale (eb), un espacement entre électrodes (ea, eb, ec) consécutives de ce jeu d'électrodes primaires dans la direction axiale du corps (23) de sonde (22) ayant une première valeur moyenne d'espacement,

deux électrodes, (In1, In2) une supérieure (In1) et une inférieure (In2), d'injection de courant, disposées dans la direction axiale du corps (23) de la sonde (22) de mesure de part et d'autre du jeu d'électrodes primaires, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre

deux électrodes secondaires (24, 26) de mesure de tension, situées dans la direction axiale de la sonde (22) de part et d'autre du jeu d'électrodes primaires (ea, eb, ec), et entre les deux électrodes (In1, In2) d'injection, une première électrode secondaire (24) étant située entre l'électrode supérieure (In1) d'injection de courant et l'électrode supérieure (ea) de mesure de tension, l'autre étant située entre l'électrode inférieure (In2) d'injection

de courant et l'électrode extrême inférieure (ec) de mesure de tension, l'espacement entre une électrode secondaire (24, 26) et l'électrode primaire extrême (ea, ec) la plus proche étant supérieure à 1,5 fois l'espacement moyen entre électrodes primaires (ea, eb, ec).

2. Sonde selon la revendication 1, caractérisée en ce que les électrodes primaires (ea, eb, ec) et secondaires (24, 26) sont formées par des anneaux conducteurs implantés axialement sur le corps (23) de sonde (22) ces anneaux ayant sensiblement le même diamètre que ce corps (23).

3. Sonde selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que les électrodes primaires (ea, eb, ec) ont entre elles des espacements égaux et compris entre 40 et 80 cm, les électrodes secondaires ayant entre elles des espacements compris entre 240 et 560 cm.

4. Sonde selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce que les électrodes primaires (ea, eb, ec) ont entre elles des espacements égaux d'environ 60 cm, les électrodes secondaires ayant entre elles des espacements compris entre 300 et 420 cm.

5. Procédé de détermination d'un profil amélioré de variation le long d'une direction axiale de la résistivité d'une formation géologique (9) entourant un puits (10) équipé d'un tubage (11) conducteur ayant ladite direction axiale, procédé dans lequel on détermine une résistivité locale de la formation (9) en ~~injectant un courant dans le tubage (11) de manière à~~ provoquer une fuite de courant dans une zone de mesure de la formation (9) et en mesurant des valeurs de

potentiel en de premières positions (ea, eb, ec) espacées entre positions consécutives d'une valeur moyenne, les premières positions comportant au moins une position centrale (eb) comprise dans la direction axiale entre une position extrême supérieure (ea) et une position extrême inférieure (ec) et en calculant à partir des résultats de mesure une valeur locale du courant de fuite dans la formation (9) pour en déduire une valeur de la résistivité de ladite formation dans ladite zone de mesure puis à recommencer la mesure en déplaçant dans la direction axiale les premières positions de mesure de potentiel, pour en déduire un premier profil de la variation de la résistivité le long de la direction axiale, procédé caractérisé en ce que

pour chaque mesure locale de potentiel effectuée dans les premières positions, on effectue en outre simultanément une mesure de potentiel en deux secondes positions situées de part et d'autre des premières positions, une seconde position étant éloignée de la première position extrême la plus proche d'une distance supérieure à 1,5 fois la valeur moyenne de l'espacement entre positions consécutives des premières positions pour en déduire un second profil de variation de la résistivité le long de la direction axiale puis à corriger le premier profil en remplaçant des valeurs de résistivité du premier profil pour des premières positions axiales, par des valeurs de résistivité du second profil, lorsque les valeurs de résistivité du second profil, au niveau des mêmes premières positions axiales sont supérieures au

premières valeurs, le profil ainsi corrigé constituant le profil amélioré.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les premières et secondes positions sont déplacées de façon continue dans la direction axiale, la détermination de la résistivité étant effectuée de façon itérative continue au cours du déplacement des premières et secondes positions, de façon à obtenir un profil amélioré continu de la résistivité dans la direction axiale.

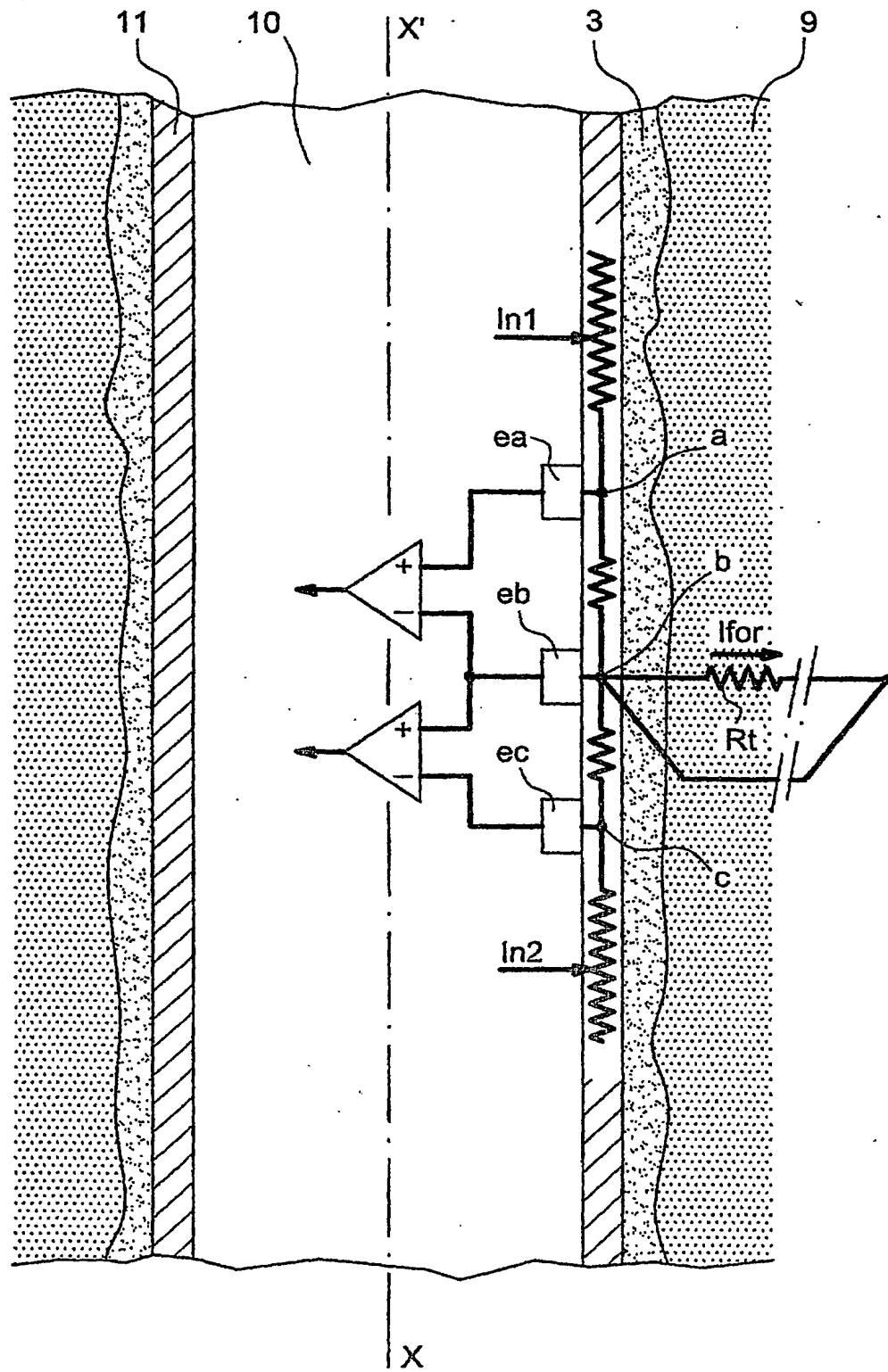


FIG. 1

2 / 5

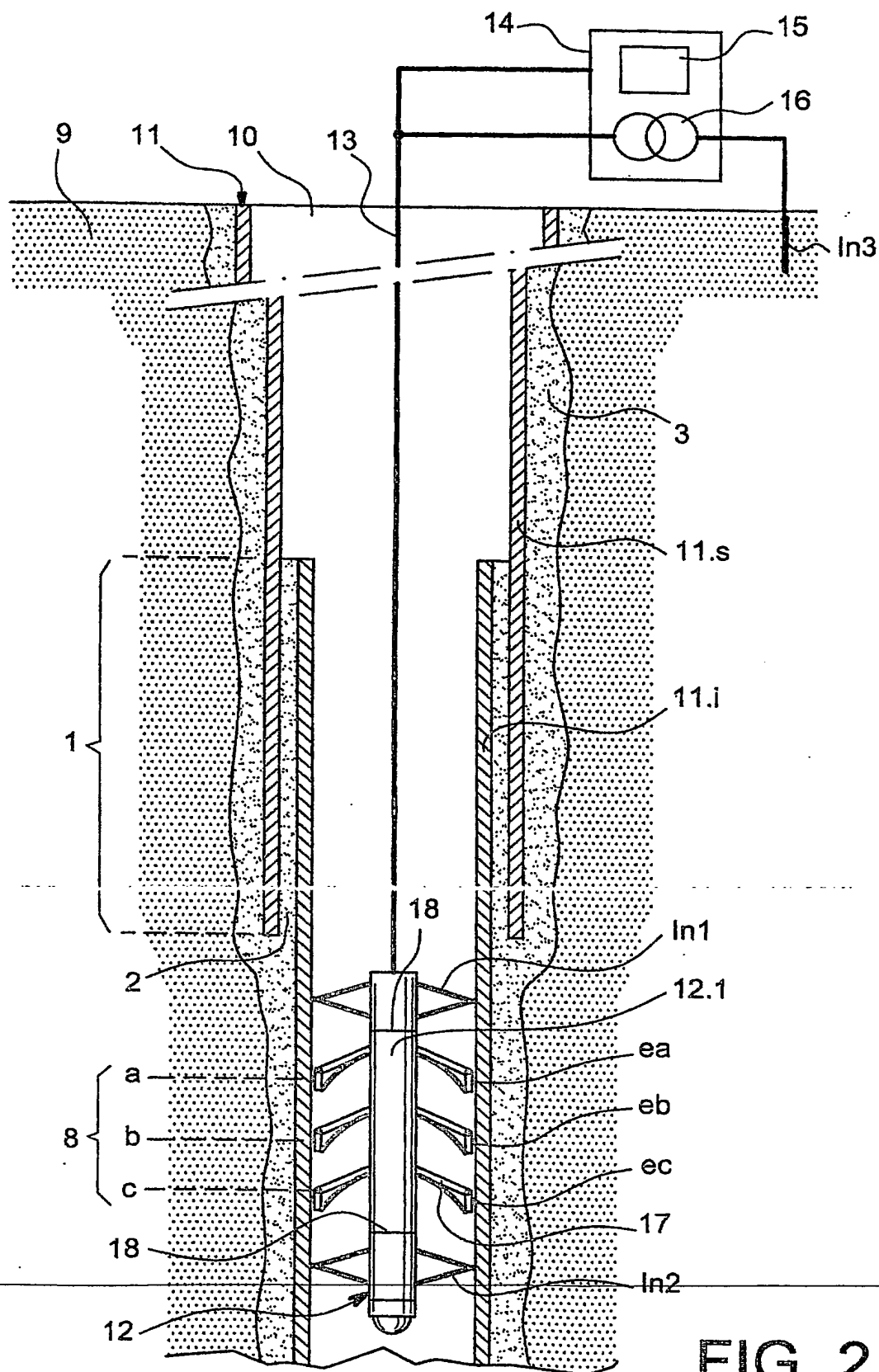


FIG. 2

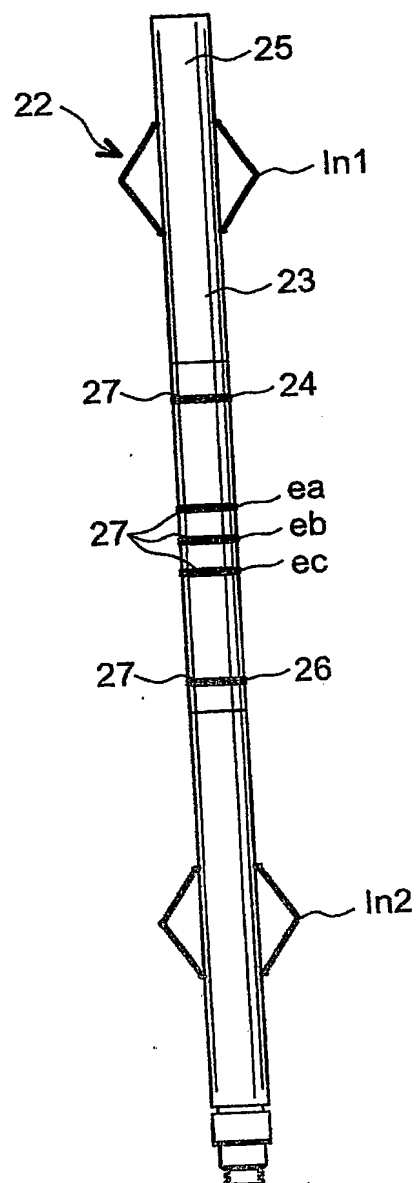


FIG. 3

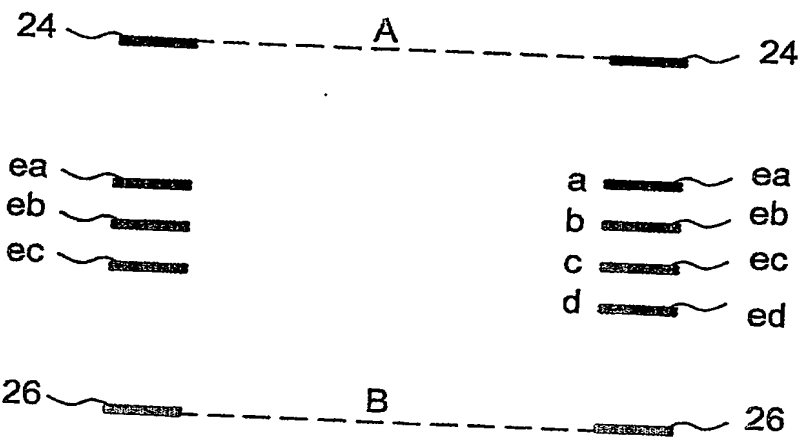


FIG. 4A

FIG. 4B

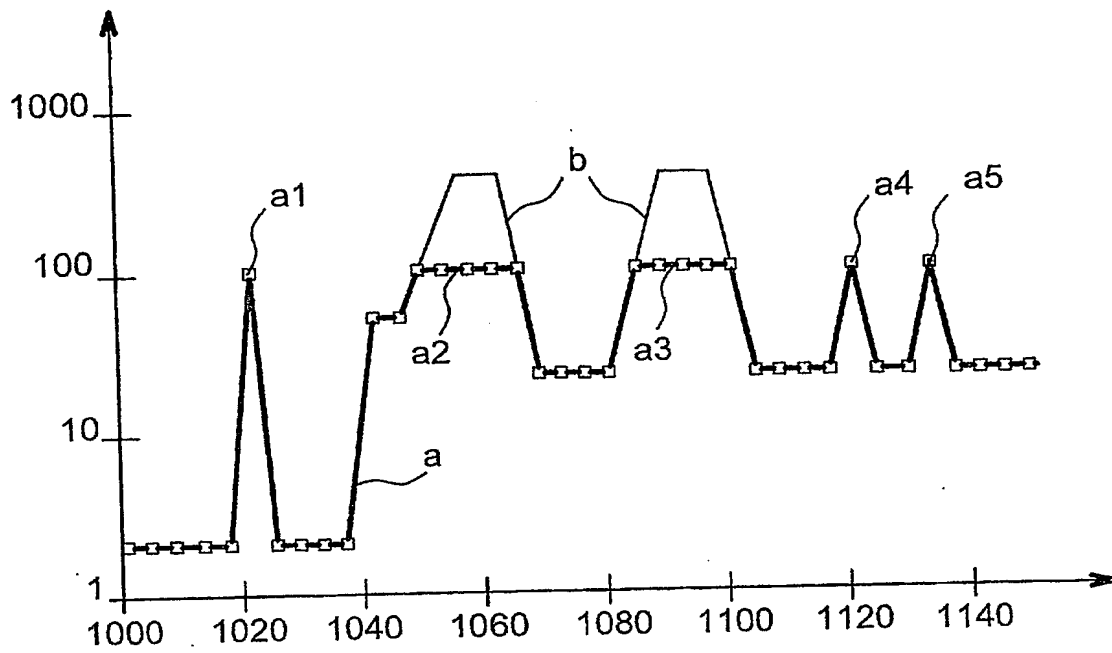


FIG. 5A

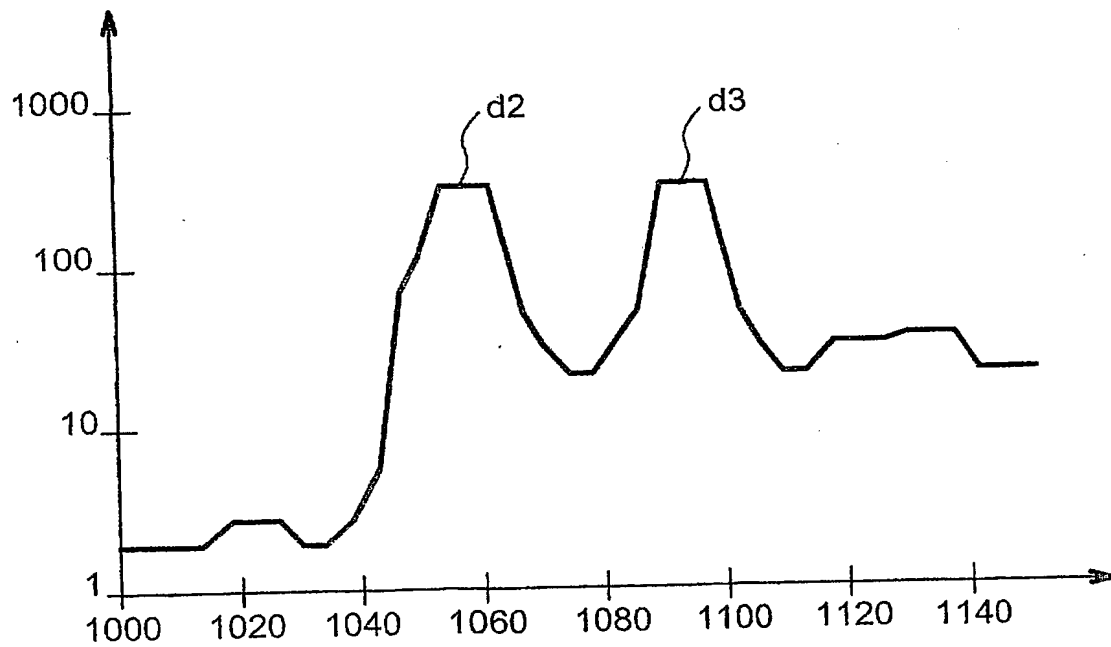


FIG. 5B

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		SP 20716 GB	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		02.11837 du	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
DISPOSITIF ET PROCEDE DE DETERMINATION DE LA RESISTIVITE D'UNE FORMATION TRAVERSEE PAR UN PUIT TUBE			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
D. DU BOISBAUDRY c/o BREVALEX 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS FRANCE			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		BENIMELI	
Prénoms		Dominique	
Adresse	Rue	25, boulevard de Vanves	
	Code postal et ville	92320	CHATILLON FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		LEVESQUE	
Prénoms		Cyrille	
Adresse	Rue	66, rue Albert Joly	
	Code postal et ville	78000	VERSAILLES FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		MC KEON	
Prénoms		Donald	
Adresse	Rue	90, Bld Flandrin	
	Code postal et ville	75016	PARIS
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
Paris, le 10 décembre 2002			
D. DU BOISBAUDRY CPI 950304			

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.